

車両の走行道路階層性を考慮した自動運転の適用

大口 敬*

道路は一義的には移動のための交通機能を提供する場であるが、都市部の街路ではさらに多様な機能を持つ一方で、都市間の街道は交通機能に特化する。街路・街道それぞれには、高規格から低規格まで階層性がある。本稿では、こうした分類と階層機能で規定されるさまざまな移動の場の機能特性に基づき、主としてその安全性の向上の観点から、自動運転技術の導入が有効な分類・階層や条件について考察し、その導入へ向けた可能性と課題を論じる。

Application of Automated Driving Based on the Hierarchy of Vehicular Roads

Takashi OGUCHI*

The primary function of roads is to enable traffic, while urban streets and avenues include other various types of functions and intercity highways have a specific traffic function. Both the urban streets/avenues and intercity highways are classified into several levels of standards; from higher to lower level. The effective introduction of automated driving to the different types and the standard levels of roads is discussed mainly for safer road traffic. In addition, possible introduction scenarios and the problems to be addressed in the future are also discussed.

1. 自動車と道路の関係

道路は、人々と物資の移動の場として、古今東西を問わず、為政者はその版図を維持するために整備・維持・管理をしてきた。古代ローマ時代にも、道路整備は最重要課題の一つであった。

一方で道路の物理的なあり方には、この道路をどのような利用者が利用することを想定しているかにより、またその地域の歴史的な背景にも依存して大きく異なる。古代ローマではすでに馬車が使われており、車輪の重量を支えることのできる舗装が採用されていた。また交通量の多いところでは、馬車の通行を考慮して幅員の広い街道が整備されたのであ

ろう。一方で日本では山岳部が多く、また馬車は発達せず、馬には直接騎乗するのみで、多くの利用者は徒歩か駕籠であったため、大きな街道であってもそれほど広い幅員も頑丈な舗装もあまり必要とされなかったのであろう。

1908年T型フォードの発売とともに自動車が急速に大衆化すると、こうした歴史的経緯が異なる国・地域によって整備状況に違いがあるものの、基本的には、この「自動車交通社会」を支える目的のために、現代の道路は計画・設計されてきた。こうした現代の道路では、都市部の街路と都市間を結ぶ街道では担うべき機能に違いがあり、その結果、道路の幅員や構造もおおのずと違いがある。

Table 1は、筆者らがかつて提案した道路の階層性の整理提案の例^{1)、2)}である。この考え方のポイントは、道路の種類を「都市間を結ぶ道路＝街道」と「都市内の道路＝街路」とに分類し、それぞれに対していくつか異なる格の道路階層を定義している

* 東京大学生産技術研究所教授
Professor, Institute of Industrial Sciences,
The University of Tokyo
原稿受付日 2015年6月12日
掲載決定日 2015年7月15日

Table 1 日本の道路階層区分案

交通機能 連絡スケール		通行（トラフィック）				アクセス		滞留
		“highway”または『街道』		“street/avenue”または『街路』				
		A (完全出入制御)	A'	B (主に地方部)	C (主に大都市/ 都市部)	D	E	
I	大都市圏連絡	(自専)	非自専	—	—	—	—	
II	地域間連絡	(自専)	非自専	—	—	—	—	
III	市町村間連絡	(自専)	非自専	主要道	—	—	—	
IIIu	日常生活圏	(都市高速)	非自専	—	—	—	—	
IV	毎日の買物圏	—	—	買物圏内道路	買物圏内道路	地先道路	—	
V	生活道路	—	—	—	—	細街路	地先小径	

※この表は文献1)、2)を参考に一部改変したものである。

Table 2 相互接続と接続方式

		“highway”				“street/avenue”			
		A/A'-I / II	A/A'-III	A/A'-IIIu	B-III	B-IV	C-IV	D-IV	D/E-V
“highway”	A/A'-I / II	立体	立体	立体	立体 (無信号平面)	—	—	—	—
	A/A'-III		立体	立体	立体 (無信号平面)	—	—	—	—
	A/A'-IIIu		立体	立体	立体	立体	立体	—	—
	B-III				立体交差/RAB (必要な場合のみ 信号交差) 歩行者は立体	RAB / 信号交差 歩行者は立体	立体交差/RAB 歩行者は立体	—	—
	B-IV					信号交差 [RAB / 無信号 平面交差]	—	信号交差 [RAB / 無信号 平面交差]	—
“street/avenue”	C-IV					信号交差 [RAB / 無信号 平面交差]	信号交差 [RAB / 無信号 平面交差]	—	
	D-IV						信号交差 [RAB / 無信号 平面交差]	無信号平面 交差 / 一部 信号交差	
	D/E-V							無信号平面 交差	

※この表は文献1)、2)を参考に一部改変したものである。また表中のRABはラウンドアバウトを指す。

点にある。Table 2は各道路階層同士の接続の可否と道路交差点の構造様式を整理した試案である^{1)、2)}。

いずれの表も、筆者らがこの考え方を最初に提唱した2005年頃のものであり、最近の検討ではより実務的な視点から見直しが進められ、いくつか変更されたが、根本的な考え方は変わっていない。ここに示す階層的な考えは少なくとも自動車社会を前提とする多くの国々ではほぼ同様であり、一定の普遍性のある考え方だと言えよう。

表に示す区分では、都市間道路の街道は、階層AとBからなり、いずれも基本的には自動車の通行（トラフィック）性能にほぼ特化した機能を担う。階層Aは基本的には自動車専用道路（自専）で完全に出

入りが制限されて立体交差で構成されるが、非自動車専用道路（非自専）も許容し、これをA'とする。階層Bは自動車以外にも混在する道路である。

一方、都市内道路の街路は、交通の視点で見ても、通行だけでなく交通の発生（出発）・集中（終了）すなわちアクセス・イグレスの機能、さらには滞留の機能なども存在し、その程度に応じて階層C、D、Eが定義される。またいずれも、自動車以外の交通との共存が前提となるとともに、信号交差点・無信号交差点、ラウンドアバウトなど多様な交差形態も許容される。またこれらの街路は、交通機能以外に、都市インフラの収容、都市の骨格の形成、延焼を防ぐ防災機能など、多角的な機能を担う。

なお、以上の階層性の議論は、あくまでも人間が運転する自動車交通を前提としたものである。

2. 自動運転と道路の関係

近年、自動車の安全性能は予防安全・衝突安全ともに大きく進化し、自動車乗車中の事故リスクは大きく低下し、代わりに自転車や歩行者の事故リスクが相対的に増している。自転車は被害者だけでなく加害者としての側面も注目され、自転車走行空間の整備や自転車教育、および危険な自転車運転への罰則強化などが進められている。一方で歩行者、またとくに歩行中の高齢者や障がい者などの移動制約者が事故の被害者となる割合が高まっている。

こうした背景のもと、自動車の運転支援技術、その自然な発展としての自動運転 (Automated Driving) 技術と、遠隔制御または人工知能などで自律的に判断・制御される無人ロボットカーなどの技術が、交通社会を革新するものとして注目を集めている。2014年度から、内閣府の研究開発プログラム SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) の一つとして自動走行技術に関する研究開発も始まった³⁾。

これまで「ヒトにより運転される」という自動車と、これを前提とした道路交通法、道路形状の計画・設計、交通信号機による交差点交通流の制御などが体系化されていた。しかし自動運転車の出現は、こうした社会ルールから道路交通技術まで、根本的に見直す必要性に迫られることになるであろう。

たとえば、運転者がいない、あるいは運転席 (とおぼしき場所) に座る人間が車両の運動に責任を持たない・持てない車両は、道路交通法およびその一般ルールとなる国際条約上も現状では車両とは認められず、そのまま公道を通行できない。あるいはこうした車両が万一事故を生じさせた場合に、運転者に安全運転の義務を負わせられないであろう。これを全て製造物責任法 (PL法) で製造者に責任を負わせるとなると、そのような車両を製造することはリスクが高すぎて、自動運転技術を市場には投入できないであろう。したがって、法律や保険などの社会制度を大きく変革しなければ、社会的に受け入れ・普及を進める余地がなくなってしまう。

あるいは、道路構造や付属構造物についても、これまで「ヒト」が運転する車両を前提に、道路の幅員や見通しなど道路構造を設計し、さらには車線境界線や横断歩道などの路面標示 (マーキング)、案内標識など各ルールが定められてきた。

しかし自動運転車を前提とすると、ヒトが目で読める標識は不要だし、代わりに全てをデータベース化したものを共通化して全自動運転車 (および必要に応じて道路管理者) で共有し、一方で走行位置決めのリファレンスとして、自動運転車が認識しやすい位置情報が必要となる。かつては道路の舗装に埋め込まれた磁気ネイルをガイドにして車両の位置決めを可能にするシステムも開発されたが、近年では、事前に十分に信頼できる参照情報が提供されれば、路側の車道外側線の白線だけを頼りに車両の運動方向と姿勢を制御するのが主流となっている。

仮に一足飛びに現在の人間が運転する自動車と全く同等性能・機能を持つ自動化システムが実現できるならば、現状の自動車が徐々にこうした自動運転車に置き換わるだけのことであろう。しかし、自動化の度合いやセンシングの限界、適用可能な道路環境に制約がある状況で、限定的な性能の自動化システムを搭載した車両を、それでも技術革新の促進と社会的要請に応えられるよう普及を促進できるような仕組みが必要と考えられる。これは、単なる移動具単体の発展ではなく、社会的要請と合致するシステム開発を行い、これが利用する物理空間の構造や使用法を計画・設計し、さらには都市計画や社会制度、経済・ビジネスモデルまで道筋を立てて推進することが、求められているものと考えられる。

以下では、こうした観点に立って、Table 1 に示した道路の種類と階層の考え方から、自動運転システム導入に適した条件や、導入の必要性の高い条件について考察し、こうした条件に合致するようなシステム導入のシナリオについて私案を提示する。

3. 自動運転システムの定義

すでに多くの議論がされているが、自動運転には一般に次の四つのレベルがあるとされる³⁾。

レベル1は加速・減速・操舵のいずれかの自動化 (例: 衝突被害軽減ブレーキ)、レベル2は加速・減速・操舵の複数機能の自動化 (例: ACC (Adaptive Cruise Control)) で、いずれも既に実用化域にある。

レベル3は緊急時以外全ての自動化、レベル4は完全自動化である。産業界は、当面レベル3までを開発する予定としているが、通常は機械任せでいざとなったら自分で運転せよ、とはドライバーにはあまりに過酷なシステムである。一方、レベル4はドライバーに過失責任を問えなくなるため、道路交通ルールの根幹を揺るがす大問題である。しかしグー

グルやロボット分野では、無人の完全自動化を検討している。こうしたレベル4特有の課題を確認し、効果を検証するためには、地域限定・時間限定で特区制度などを活用した超法規的措置を取って社会実験を行う価値は極めて高いものと考えられる。

4. 自動運転システムの開発段階と道路階層

ここでは、Table 1に示した道路の種類と階層に対して、自動運転システムの技術開発レベルの段階を勘案して、その導入可能性を考察する。

一般に、都市間の自動車の通行機能に比較的特化した階層A、Bと、都市内の多様な機能を担う階層C、D、Eとを比較すると、多様な利用者が混在する後者ほど自動運転システムにとって認知・判断の対象となる事象の種類が多くなり、システム開発の難易度は高くなると考えられる。

4-1 都市間街道・階層A

1) 専用空間における高速輸送サービス

階層Aの自動車専用道路とは、歴史的には自動車の普及と性能向上に伴って「自動車」の専用の道路として考案されたものである。同様に、新たに「自動運転システム専用道路」を計画・設計し、実現してしまえば、極めて限定的な設計された条件でのみ機能する自動運転システムとこれを保証する空間の確保、という形でレベル1から4までいずれの自動運転システムも成立しうる。これはたとえば、専用軌道ガイドシステム (Automated Guided Transport: AGT) として設計され、遠隔操縦方式で直接運転手が乗り込まない神戸の「ポートライナー」や東京の「ゆりかもめ」のような新交通システムと本質的にはほとんど違いはない。実際、これらの新交通システムの起源は、1970年代に自動制御の個別輸送サービスシステムComputer-controlled Vehicle System (CVS)^{4)~6)}として技術開発されたものが、1975年の沖縄国際海洋博覧会で実証実験され、その後、事業性・経済性の観点から中量輸送機関として実用化されたものである。

道路上の自動運転としては、かつては磁気ネイルによる自動走行車の誘導技術も開発されたが、近年、センサー技術や画像処理技術の高度化による自動操縦技術が開発され、車道構造としては一般道路と同様の舗装であっても、車両の位置決めが実現できるようになった。

社会ニーズとしては、こうした専用道路を高速で長距離移動する必要性があり、かつその移動の自動

化により人による長距離運転の負担を低減し、あるいは自動化によってその移動手段における人的ミスによる交通事故のリスクを軽減して安全性を向上させる意義が高い場面を考えると、大型トラックによる幹線輸送事業が第一に挙げられる。

また、長距離高速バスサービスも、万一交通事故が発生すると甚大な乗客の人的被害に繋がるリスクやその損害に対する保険費用、ドライバー雇用に伴う総費用に対して、自動化システムの運用経費と事故リスクの低減効果が十分に経済的に見合うレベルで技術が成熟すれば、自動運転バスによる長距離輸送の可能性も考えられる。

単に高速で安全な物資や人の輸送を考えるなら、鉄輪と鉄道による鉄道システムのほうが効率は高く大量輸送に向いている。道路には混在性・汎用性に特徴があり、乗り換え・積み替えの必要もない。こうした道路システムの特徴を活かすには、自動運転車の専用道路から一般道路にシームレスに移行できる運転モード切替えの仕組みが鍵となるに違いない。

2) 一般車両へのACC技術導入

交通安全性向上による事故リスク低減だけでなく、安定した交通流、すなわち交通渋滞軽減による社会費用の低減も、とくに高速道路においては大きな意義がある。すなわち、高速道路が渋滞することはそれ以下の階層の道路の利用を必要以上に増加させ、結果的に最も事故リスクの低い高速道路の利用交通量を減らすのみならず、高速道路で交通渋滞が発生することで、渋滞末尾および渋滞中の事故リスクを大幅に悪化させてしまうことが知られている⁷⁾。しかし現状では、全国の都市間高速道路全体の渋滞量は、2011年には105km時/年と、約10年前の2002年と比較すると1.6倍以上になっており、また近年ではその6割がサグ部 (勾配が下り坂方向から上り坂方向へ変化する場所)、さらにトンネル部も含めると8割がこうした単路部をボトルネックとする渋滞であることが分かっている⁸⁾。

サグ部やトンネル部のような単路部がボトルネックとなるメカニズムには、いくつかの要素があるが、基本的には運転者の挙動、とくに前方車との車間距離を調整しながら速度調整をする追従挙動特性が、サグ部の勾配変化やトンネル部の心理影響で微妙に変化し、流れに擾乱を起こすことにある⁹⁾。この擾乱を防ぐ自動追従ロジックを実装すれば、単路部ボトルネックは原理的に解消できるはずである。

実際、同一車線上の前方車に自動的に追従する

ACC (Adaptive Cruise Control) 技術はすでに実用化されて久しい。最近のACCは高速時のみならず停止まで、また発進すれば渋滞中の低速時でも機能し、また安定して機能するよう改良されてきた。こうしたACCは、加減速と車間距離という複数機能の自動化車両(レベル2)であり、近年、これを高速道路渋滞対策に応用する研究も進められている⁸⁾。

現行のACC性能では、必ずしも安定して渋滞解消に寄与するとは限らない。基本的にそれほど交通の多くない条件を前提にした快適装備としてのACCは、あまり敏感に前方車両の動きに追従していたのでは不愉快な速度変動を繰り返してしまう。そのため、一般に加速側の追従は緩やかに設定される。しかしこれでは、速度低下にはACCが敏感に反応したとしても、速度回復に転じた際に前方車に置いていかれることで車間が空いて交通流率が低下し、渋滞の原因となる恐れがある¹⁰⁾。

したがって、こうした高速道路渋滞の発生を緩和・解消させる高度化ACCは、既存のACCとは違う挙動特性が必要と考えられ、単路部渋滞の原因となる人間による運転挙動特性を緩和・解消するような制御技術が必要である。正確な高さ情報を持った道路地図を用いて正確な位置と時刻で把握して勾配変化の影響を相殺する技術、車々間通信により制御遅れを極小化した電子連結隊列に相当するCACC (Cooperative ACC) などが有効であろう。

また道路管理者側は、交通渋滞が発生しそうな空間(単路部ボトルネック)と時間(渋滞発生可能性の高い交通状況)を精度高く予測し、運転者にこの高度化ACC動作を起動してもらおう路車協調型システムとして動的にマネジメントすべきであろう。

当該機能の実現には、高度化ACCの機能を持った車両が一定レベルまで増える必要がある。高速道路渋滞による社会損失をこれに起因する交通事故による損失や一般道への影響も含めてよく吟味し、これを緩和・解消することによる効果を算定するとともに、ACC装置付車両の普及を後押しする戦略も必要である。一つの可能性としては、大型車の追突防止自動ブレーキの義務化が既に開始されたので、これと要素技術を同一にするACC装置も含め、また大型車に限らず全車に義務化を拡大することが考えられる。なお、こうしたACC機能を車検時に後付けで実現できるようになれば、ACC普及率の急速拡大は一気に現実味を帯びる。

4-2 集落間道路・階層B

階層Bには、ある程度人口密度があったり、ある程度の密度で沿道に施設立地があったりする場合には、アクセス交通や歩行者、自転車、農林作業車などの混在が頻発するであろうし、一定以上の道路密度では道路交差や分岐合流が多くなることで、自動運転システムにとって負荷の高い環境となることが想像される。したがって先行的に自動運転システムを導入するには難しい場面だと言えよう。

一方、地方部における格の低い市町村道、あるいは山中を抜ける林道のようなほとんど一本道となるような細い街道も階層Bである。小さな集落が点と点で、たとえば1車線あるいは1.5車線道路でほぼそと繋がり、極めて道路密度が低く、人口密度、生産活動密度も低い環境下であれば、比較的容易に自動運転システムを導入できる可能性がある。

これまで、こうした地域では鉄道やバスによる公共交通のサービス低下や廃止が進み、病院や公共施設への移動ニーズを、福祉の観点から公的補助によるバス・移送サービスなどでどうにか維持してきた。しかし、基本的に時空間的に極めて疎に生じる移動需要を、乗合サービスで実現するのは効率が悪い。

そこで、現在のクルマよりも遙かに広範囲に運転行為を機械がサポートし、行き先を指定さえすれば目的地まで移動できるレベル3や4のシステムを社会実装することは一つの解決策となり得る。こうした地域を対象に、法制度や経済・ビジネスモデルも含めた総合的な社会イノベーションの社会実験を行う特区のような方法を適用してはどうだろうか。

1) 過疎地の高齢者・移動制約者の「足」

ゴルフ場のカートの中には、リモコンで発進・停止させて、舗装に埋め込まれた電線で誘導されながら移動して速度は自動調整され、障害物には自動停止する機能がついた「ローテク・レベル3」のものがある。過疎地で人も施設もまばら、細い一本道がほとんど、という環境であれば、この技術の改良版でも、速度域や空間範囲(または走行可能な経路)を限定すれば、個人の移動を実現する自動走行車として十分に利用できる可能性もありそうである。

ただしゴルフ場の場合とは異なり、走行の開始・終了地点が多く、選択肢は少ないとは言え、経路を選ぶ必要性もある。道路には新たなハードウェアを敷設することなく、道路地図のデジタル情報と環境認識技術を頼りに走行しなければならない。こうした改良を施したゴルフ場カートは、そのままでは公

道を走ることができない可能性も高く、特区などによる規制緩和や、万一の場合の補償など社会制度も検討しなければならない。

したがって、道路交通法や車両の保安基準などの法令、万一に備えた補償制度や保有・利用・経費負担などの社会制度も含め、技術に止まらず社会・経済・政治なども含めた幅広い議論と、システム導入を実現するビジネスモデルが必要であろう。

2) 限定免許制度

考えられる一つの新しい制度として、緊急時の操作以外はすべて自動化（レベル3）された車両を法的に位置づけて、この車両限定の免許制度を創設することも考えられる。改良版ゴルフ場カートの利用についても、このような制度で利用を位置づけることもできるかもしれない。たとえば、通常免許での運転は注意力や反応時間などから遠慮いただいたほうがよいような高齢者などに対して、一定の判断能力のある方に対しては、積極的にこのような免許制度と車両の導入を進めることが考えられる。

3) 完全自動運転システムの導入

限定免許導入とは別に、鉄道と同様の緊急時に乗客が押す非常停止ボタンに相当する機能は備えるものの、免許不要で子供からお年寄りまで、先に示したCVSのように、鉄道やバスの乗客のように利用できる完全自動運転車（レベル4）を導入する意義も、こうした過疎地域、超高齢地域には高そうである。これは、完全自律ロボット型で実現する方式と、管制センターのようなところでリモート操作して動かすような新交通システム方式とが考えられるが、利用者が責任を持って操作するのではなく、利用者は完全に乗客の位置づけとなる。

レベル4の場合、技術的にも制度的にもハードルが高いので、雪氷や濃霧、豪雨などの影響が比較的少ない気象環境条件の土地柄で、鳥しょ部などなるべく周辺と隔離された範囲を特区とし、そこで歩行者などの安全性も十分に配慮した移動空間となる場（道路）の作り方、規制や交通信号の設定など、道路構造からまちづくりや社会・経済制度全般まで、システム全体のデザインを試みるべきであろう。

一般にこのような地域を対象とすると、人口当たり、生産力当たりなどで考えると費用対効果は低く見積もられビジネスモデルの成立は危ぶまれる。しかし、地域全体、国全体の発展と安定を長い時間スパンで考えて求めるならば、過疎が進んだ地域の日常移動手段として、既存技術の寄せ集めの半自動移

送サービス・レベル2や3から始め、社会実験としてレベル4の先行導入を試行することに、公的資本を投下して取り組む意義は高いはずである。

4-3 都市部街路

1) 幹線部

C、D、Eに階層化される都市部街路を考えると、こうした道路で自在に自動運転車両が走行するには、道路空間は複雑で、またこうした空間を利用する交通主体あるいは利用者は多様である。

すなわち、配送小型トラック、バス、タクシー、ゴミ収集、郵便や宅配サービス、通勤利用の自家用車、建設や農作業などの特殊車両などが混在し、二輪車、自転車、歩行者、さらに歩かず立ち話などで路上に滞留する人もいる。「通行」ではない道路への流入・流出も多く、右折や横断、路側への駐停車、右左折のための車線変更も多い。また、歴史的に古い街路だと歩道が無い、大型車が通るのに幅員が狭い、また単に交差点の数が多いだけでなく、鋭角・鈍角で交差する交差点や多岐交差など、複雑な交差条件の交差点も多く存在する。

こうした条件を考慮すると、都市部街路、それもとくに幹線街路で自動運転車が走行できるようになるのは、まだだいぶ先のこととなりそうである。

近年、自家用車の都心部乗入れ規制や歩行者優先化の推進による都心部再開発と共に、都市計画道路の整備も進んできた。そこで、街路でも比較的格の高いC、D階層においては、交通信号と車両を通信させる路車協調技術など、自動運転へ向けて開発された最先端技術を高度に連携させ、併せて道路構造や、交通信号制御アルゴリズム、車両運行管理、電停バス停運用、料金收受システムと料金体系なども含めた総合的な取り組みを推進し、魅力的で高い安全性と時間信頼性を実現する街路公共交通システムを実現することは、都市生活の質の向上と都市の魅力度向上に大きく貢献するものと考えられる。

2) 細街路における速度上限の自動抑制

近年、引き続き都市部の街路の交差点における事故リスクも高いが、細街路の生活道路における事故リスクがとくに注目されており、国の交通安全対策の一つの大きな柱とされている。

最下層のD/E階層のような細街路部は、そもそも自動車の通行機能は最小限に限定され、自動車についてはアクセス・イグレス機能を主として担い、むしろ歩行者の快適な通行・滞留空間としての機能が最も重視されるべきであろう。

こうした道路の交通安全性が確保できないのは、一つはこうした道路で自動車の速度が出てしまうこと、あるいは抜け道のようにして本来の機能の想定以上に通行に利用する自動車利用者が存在することなどが考えられる。したがって、ネットワーク接続関係を適切に修正して通り抜けが不可能な仕組みに変える、道路構造を工夫して必要以上に速度がでないような工夫をする、といったハードウェアの見直しが必要である。

しかし、それでも一瞬のパニックに陥った運転者がブレーキとアクセルを踏み間違える、一時停止標識などを見落とす、といった人的エラーが甚大な交通事故被害に繋がらないような自動的な制御弁のような機能を実装することは、生活道路の安全性向上に資すると考えられる。具体的には、生活道路の中では一定速度（たとえば30km/h）以上出ないように速度の自動抑制機能を実現することが考えられる。いわば、場所などの条件を限定して適用されるスピードリミッター機能である。

こうした細街路を詳細なデジタル地図と自車両位置検出技術の向上によって自動的に適用する。内燃機関車両の場合、一定の速度以上では燃料の供給がカットされ加速できないようにする方法のスピードリミッターは、エンジンを壊さないため、あるいは大型車の高速道路速度規制を強制的に守らせるためにすでに実用化されており、自動化のレベルとしては、レベル1と見なすことができる。

かつて欧米ではISA (Intelligent Speed Adaptation) がもてはやされたがいまだに実用化せず、彼の地では日本流の飲酒運転の制限強化は非現実的である。この点は、個人の権利が自己責任と対となった民主主義が根付いた社会の難しいところである。一方、日本では、「一滴も飲むな」という強制的な考え方を比較的容易に社会が受容し、この制限強化導入後でも反対する意見はあまり聞かれない。また、生活道路で暴走するクルマが幼い子供を轢き殺す痛ましい事故の認知度は高い。とすれば、生活道路限定の速度上限の自動抑制機能も、社会が受容する可能性がある。新車のみならず車検時に全車強制で後付可能な技術開発、正確なエリア設定やシステムエラー時の対応技術など、技術・制度面で克服すべき課題もあるが、近年注目を集めている生活道路の安全対策として有効な取り組みになるであろう。

ただしその実現には、生活道路より上位のC/D-IV階層の幹線道路で囲ってセル化するなどし、

生活道路エリアを一定サイズに区切る必要がある。なぜなら、日本の現状では生活道路のような道路とその周辺を取り巻く幹線道路とで、実質的な旅行速度があまり変わらず、生活道路を抜け道に利用するほうが、信号が少なく走りやすいことすらある。したがって、こうした実態を是正し、階層化を徹底することで、各利用者（たとえば自動車と自転車・歩行者）それぞれの利用環境を分離する、あるいは共存環境の安全性を最大化することが重要である。

たとえば、生活道路では速度が出にくい工夫を、物理構造や見通しのような視覚面で実現することにより、心理的方策も含めて徹底して実施する。一方、その周辺を取り巻く幹線道路では、生活道路や沿道施設からの出入りを規制し、交差点停止遅れを短縮する信号制御を導入して、比較的高速で大量の自動車交通を処理する。さらに、生活道路を縫うように抜け道を長距離走行できないように、階層的ネットワーク構成とすべきである。

こうして生活道路と幹線道路を、ドライバーから見ても視覚的に明確に分け、道路の造りも交通処理法も明示的に変えることで、生活道路限定で低い速度に自動的に抑制されたとしても、利用者にとっての分かりやすさ、受け入れやすさは高まり、生活道路限定型の適応的な速度上限の自動抑制システムに対する社会的受容性は高まるであろう。

5. 自動運転技術の先行導入のみちすじ

前章では、いくつかの異なる道路階層に対して、技術的実現可能性と社会的な必要性の視点から自動化技術を先行的に導入できる可能性、いわば空間的に限定的な自動運転技術の導入可能性を検討した。その結果、以下を対象として先行導入することが、技術的可能性も高く、社会的必要性と受容性もあるものと考察された。

- 1) 高速道路における長距離トラック自動化
- 2) 高速道路渋滞解消のためのACC導入
- 3) 地方閑散地域の半/全自動運転と限定免許
- 4) 都市部生活道路の速度自動抑制機能

なお、気候や気象などが一定の条件の場合に限って、その条件に限定して自動運転技術の導入可能性を検討することも一考に値する。

たとえば、ひどい吹雪や濃霧の環境で、人間による認知に依存した運転が極めて困難な状態だと判断されると、しばしば最も格の高く安全性が高いはずの高速道路/自動車専用道路が、その高速性が故に

安全性を危惧して真っ先に通行止めとなる。しかしその結果、人も物資もその輸送に大きな影響を受け、大きな経済的なダメージとなる。しかし、人間には運転が極めて困難な環境条件だからこそ、高度なセンシングや自動制御技術による自動運転によって交通・輸送を確保すべきではなかろうか。

高度で多様なセンシングと地図データベース、通信の活用などにより有視界走行から計器走行に切り替えて、こうした極限状態に限った自動運転技術を導入すれば、社会的必要性も高く、受容性もあるのではないかと考えられる。

仮に、自宅の車庫から細街路に出て、都市部の街路を通行して郊外へ出て高速道路に至るまで、いつでもどこでも自動運転で走行できる自家用車を考えると、その実現へ向けたハードルは極めて高いように思われる。また、車両の技術開発のみならず、道路側が具備すべき要件も多様となり、その条件を整えることは容易ではない。結果として、自動運転は当面実現できないものと規定され、自動運転の実現シナリオも遠い未来として位置づけられてしまう。

しかし以上見てきたように特区を活用しながら適用場面や導入技術などを限定すれば、早い段階から実用化へ向けた社会実験などを試行することが可能になるものと考えられる。こうした工夫に尽力して、新技術導入に向けて果敢にチャレンジすべきではないか、と筆者は考えている。

参考文献

- 1) 中村英樹、大口敬、森田綽之、桑原雅夫、尾崎晴男「機能に対応した道路幾何構造設計のため

の道路階層区分の試案」『土木計画学研究・講演集』No.31、2005年

- 2) 国際交通安全学会平成17年度研究調査プロジェクト『性能照査型道路設計のための交通容量・サービス水準に関する研究』報告書(プロジェクトリーダー:中村英樹)、2006年
- 3) 内閣府「SIP(戦略的イノベーション開発プログラム)自動走行システム研究開発計画」2014年
- 4) 越正毅、石井威望、井口雅一「新交通システムの開発実験-CVSの場合」『土木学会誌』Vol.57、No.12、pp.46-49、1972年
- 5) 石井威望、井口雅一、越正毅「CVS-都市交通の革命児」『サイエンス』1974年8月号、pp.10-23、1974年
- 6) Ishii T., Iguchi M., Koshi M. (Translated and Reported by Yamashita A.): CVS: Computer-controlled Vehicle System. Reports of 3rd International PRT Conference, pp.77-83, 1975
- 7) 大口敬、赤羽弘和、山田芳嗣「高速道路交通流の臨界領域における事故率の検討」『交通工学』Vol.39、No.3、pp.41-46、2004年
- 8) ▶<http://www.nilim.go.jp/lab/qcg/japanese/2research/1field/36smoothingsag/index.htm>
- 9) 大口敬、中村英樹「日本における交通容量・サービスの質に関する研究の概観と展望」『土木学会論文集D3』Vol.67、No.3、pp.217-229、2011年
- 10) Oguchi T.: Use of Adaptive Cruise Control to Resolve Emerging Highway Congestion Bottlenecks. TRB 93rd Annual Meeting, 2014